

wpł. 26.06.2018

Prof. dr hab. inż. Mieczysław Kaczorowski  
Profesor zwyczajny Politechniki Warszawskiej

Warszawa dn. 24.06.2018r

## Opinia

### **o osiągnięciach naukowych dr inż. Cezarego RAPIEJKO w związku z ubieganiem się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego**

Ocenę wykonano w związku z powołaniem mnie przez Centralną Komisję do Spraw Stopni i Tytułu Naukowego na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym doktora inżynier Cezarego Rapiejko (pismo nr BCK-VI-L-6592 z dnia 11.05.2018). Opinię sporządzono na podstawie materiałów zawartych we wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie Nauki Technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn) przesłanych przez sekretarza Komisji dr hab. Adama Papierskiego.

#### **1. Ogólna charakterystyka działalności naukowej Kandydata**

Dr inż. Cezary Rapiejko jest absolwentem Wydziału Mechanicznego Politechnik Łódzkiej, który ukończył w 1998r broniąc pracę magisterską zatytułowaną: *"Właściwości mechaniczne drutów Kirchner'a pokrytych warstwami NCD"*. Bezpośrednio po obronie dyplomu wstąpił na studia doktoranckie, a w 1999 roku rozpoczął pracę w Instytucie Inżynierii Materiałowej PŁ na stanowisku asystenta. W tym okresie uczestniczył w prowadzonych w instytucie badaniach dotyczących wytwarzania metodą plazmową nanokrystalicznych powłok diamentopodobnych (DLC). W tym okresie odbył, związany z tematyką nanoszenia cienkich warstw, krótkoterminowy staż naukowy we Włoszech. Rezultatem tych badań były 2 publikacje w czasopiśmie *Inżynieria Materiałowa*. Kolejnym obszarem działalności Dr inż. Cezarego Rapiejko były badania dotyczące trawienia jonowego płytek szafirowych na potrzeby biologii molekularnej, realizowane we współpracy z Imperial College w Londynie. W tym samym okresie pozyskał projekt badawczy finansowany przez ówczesny KBN zatytułowany "Zastosowanie trawienia jonowego do wytworzenia mikroelementu do sekwencjonowania DNA", który do pewnego stopnia był merytorycznie związany z pracami realizowanymi przez Imperial College of London i zapewne



temu zawdzięcza tygodniowy staż w tej jednostce. Wyniki badań zgromadzone w tym okresie stały się przedmiotem 4 publikacji.

W 5 lat po ukończeniu studiów obronił z wyróżnieniem pracę doktorską pt: *"Konstrukcja i optymalizacja urządzenia do syntezy cienkich warstw germanowo-krzemowo-węglowych*, wykonaną pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Macieja Gazickiego-Lipmana. Wyniki badań uzyskanych w dysertacji były przedmiotem dwóch prezentacji na konferencjach naukowych oraz 3 publikacji. Zainteresowania cienkimi warstwami kontynuował podczas współpracy z Albert Ludwig University we Freiburgu, zajmując się nanoszeniem metodą PECVD warstw gradientowych węgla i krzemu. W ramach tej współpracy w latach 2003 i 2004 odbył 2 miesięczne staże naukowe.

W 2005 roku, w ramach stypendium EIF Marie Curie -Intra European Fellowships w Ecole Centrale de Lyon kierował projektem zatytułowanym: *"Tribology (i.e. Friction and Wear) of Orthodontic Materials (TOM)"*, dotyczącym zagadnień zużycia ściernego materiałów stosowanych na druty ortodontyczne. Efekty badań przedstawił na konferencji oraz w publikacji w czasopiśmie Wear, znajdującym się na tzw. Liście Filadelfijskiej. W tym samym okresie współpracował, jako opiekun, z doktorantem prowadzącym badania na temat trwałości elementów, tarcia i zużycia ściernego wskutek frettingu, finansowane przez koncern Peugeot - Citroën.

W kolejnych latach, po powrocie z Francji, podjął pracę w Katedrze Technologii Materiałowych i Systemów Produkcji Politechniki Łódzkiej, kierowanej wówczas przez prof. dr hab. inż. Stanisława Pietrowskiego. W tym czasie Kandydat do stopnia doktora habilitowanego całkowicie zmienił swoje zainteresowania, dostosowując je do działalności jednostki, która od lat zajmowała się przede wszystkim materiałami i technologiami stosowanymi w odlewnictwie. Tak więc, podjął problematykę odlewania stopów Al-Si do form ceramicznych. Owocem tych badań były wystąpienia na konferencji, publikacja w Archives of Foundry Engineering, oraz, co warto podkreślić, wdrożenie wyników badań w Spółdzielni Pracy "Armatura" w Łodzi.

Kolejnym obszarem działalności naukowej Habilitanta były badania nad możliwością zastosowania ultradźwięków do kontroli jakości odlewów żeliwnych, prowadzone we współpracy z Odlewnią Żeliwa w Bolimowie. Wyniki tych badań zaprezentował na konferencji oraz w Archives of Foundry Engineering, będącego wiodącym czasopismem krajowym dotyczącym technologii odlewnictwa. Warto wspomnieć, iż Dr Rapiejko, we współpracy z prof. Thomasem Mathią z Ecole Centrale de Lyon, zajmował się również badaniami dotyczącymi obróbki powierzchniowej żeliwa z grafitem sferoidalnym, których wyniki zaprezentował na dwóch konferencjach międzynarodowych. W roku 2009 został zaproszony w charakterze "visiting profesor" do Ecole Centrale de Lyon w celu przeprowadzenia badań trybologicznych dla koncernu Renault.

Ostatnim obszarem działalności naukowej Kandydata są technologie innowacyjne. Badania w tym zakresie prowadził, jako główny wykonawca, w ramach projektu NCBiR pt: *"Opracowanie*



*innowacyjnych technologii wytwarzania złożonych konstrukcyjnie, wysokojakościowych odlewów precyzyjnych ze stopów metali lekkich".* Ukoronowaniem tych badań była monografia oraz 5 publikacji, zgłoszonych jako główne osiągnięcie naukowe we wniosku o nadanie dr inż. Cezaremu Rapiejko stopnia naukowego doktora habilitowanego.

W tym miejscu chcę zauważyć, iż Kandydat do stopnia naukowego doktora habilitowanego przeszedł długą drogę od momentu ukończenia studiów magisterskich do dnia dzisiejszego. Nie chodzi tu o czas, lecz o swego rodzaju przepaść pomiędzy zagadnieniami, którymi czym zajmował się w początkowym okresie kariery zawodowej, a tym, czym zajmuje się obecnie. Początkowo były to cienkie warstwy i procesy dokonujące się w skali atomowej. Obecnie jest to jedna z najstarszych technologii kształtowania, stosowana już przed naszą erą. Swoistym łącznikiem między pracami: magisterską, doktorską, a monografią habilitacyjną to cienka warstwa, którą Dr inż. Rapiejko nanosił na powierzchnię wewnętrzną formy odlewniczej. Przepraszam za dygresję, ale tu nasuwa mi się pewne podobieństwo między przebiegiem dotychczasowej drogi zawodowej Habilitanta, a moim życiorysem zawodowym. Otóż w swoim doktoracie zajmowałem się krystalizacją warstw amorficznych otrzymywanych metodą ultraszybkiego chłodzenia ze stanu ciekłego (splat-cooling), by po wieloletnich badaniach stopów odlewniczych: aluminium, żeliwa z grafitem kulkowym i ADI, zająć się technologią wytwarzania wolframowych stopów ciężkich, przeznaczonych na rdzenie pocisków podkalibrowych.

Reasumując, obszar zainteresowań i działalności naukowo-badawczej Dr inż. Cezarego Rapiejko jest związany z problematyką budowy i eksploatacji maszyn. Prace wykonane przez Habilitanta dotyczą nowoczesnych materiałów, metod wytwarzania, a także poprawy ich właściwości eksploatacyjnych za pomocą nanoszenia na powierzchnię odlewów cienkich warstw poprawiających właściwości trybologiczne.

## **2. Ocena głównego osiągnięcia naukowego**

Główne osiągnięcie naukowe przedłożone we wniosku o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego stanowi monografia zatytułowana: "Odlewanie precyzyjne stopów magnezu o podwyższonych właściwościach" oraz 5 publikacji współautorskich, z których trzy ukazały się w czasopiśmie Archives of Foundry Engineering, a dwa w Archives of Metallurgy and Materials. Wszystkie prace są związane z odlewaniem precyzyjnym w formach ceramicznych, których powierzchnia wewnętrzna jest pokryta, opracowaną przez Autora warstwą, zabezpieczająca przed reakcją ciekłego metalu z materiałem formy. Z wyjątkiem jednej pracy dotyczącej stopu AlSi9, w której Autor badał rozkład temperatury i mikrostrukturę siluminu AlSi9, wszystkie pozostałe wraz z monografią, dotyczą badań wpływu minimalnej ilości Cr oraz V wprowadzanych osobno lub jednocześnie na przebieg krzepnięcia, krystalizację oraz strukturę, a przez to właściwości



mechaniczne i trybologiczne stopów magnezu AM60 i AZ90. Zważywszy na to, że wspomniane publikacje znajdują się w spisie literatury w monografii, na niej skoncentruję się w ocenie osiągnięcia.

Monografia zawiera 163 strony i jest podzielona na 11 rozdziałów. W pracy znajduje się 90 rysunków, 33 tabele oraz bogaty spis literatury w liczbie 125 pozycji. Wśród nich znajduje się 7 prac Habilitanta, spośród których 5 to publikacji wymienionych w osiągnięciu naukowym.

We wstępie, Autor w sposób syntetyczny, a jednocześnie bardzo przekonujący, uzasadnia konieczność działania w kierunku zmniejszenia masy elementów konstrukcji w trosce o środowisko, co jest możliwe przez szersze zastosowanie stopów magnezu. W części literaturowej obejmującej rozdziały: 2 - 5, są omówione stopy magnezu, dodatki stopowe ich wpływ na właściwości stopów Mg, technologie odlewania, zwłaszcza metoda wytapianych modeli i wreszcie oddziaływanie na mikrostrukturę odlewu przez intensywne chłodzenie formy. Muszę podkreślić, że Autorowi udało się w sposób bardzo zwięzły przekazać najistotniejsze informacje wprowadzające czytelnika w tematykę pracy. Na podstawie informacji przekazanych we wstępie i następujących po nim rozdziałach Habilitant sformułował cel, zakres i tezę pracy i to był dla mnie przysłowiowy "zimny prysznic". Nie mam uwag, co do meritum, ale w moim przekonaniu w pierwszej kolejności należało postawić tezę, zaś dopiero później zaproponować badania (ich zakres) w celu weryfikacji słuszności sformułowanej tezy. Najbardziej obszerny, bo zajmujący aż 83 strony, jest rozdział 7 poświęcony badaniom wytypowanych stopów AM60 ( $\text{MgAl6Mn}$ ) oraz AZ90 ( $\text{MgAl9Zn}$ ). Są w nim opisane kolejno: obiekt badań (7.1), synteza stopów (7.2), plan eksperymentu (7.3), technologia topienia (7.4), technologia samonośnej formy ceramicznej (7.5), inhibitory form i technologia ich nanoszenia (7.6), charakterystyki ATD, mikrostruktura i właściwości mechaniczne i tribologiczne nowo opracowanych stopów magnezu (7.7) i wreszcie optymalny skład chemiczny wybranych stopów (7.8). Aby nie pisać kolejnej monografii pozwolę sobie skomentować informacje zawarte w niektórych podrozdziałach. Po pierwsze warto podkreślić opracowanie i przeprowadzenie badań zgodnie planem eksperymentu, który umożliwił ograniczenie liczby czasochłonnych doświadczeń. Bardzo interesujący i wartościowy jest podrozdział dotyczący opracowanych przez Habilitanta inhibitorów i sposobu ich nanoszenia na powierzchnię wewnętrzną formy ceramicznej. Umożliwiają one zmniejszenie chropowatości powierzchni odlewów, co zostało udokumentowane wynikami na rys. 8 i 9 w monografii. Mniejsza chropowatość powierzchni umożliwia uzyskanie większej dokładności wymiarowej odlewów. Najobszerniejszy i zapewne stanowiący trzon części doświadczalnej pracy, jest podrozdział 7.7, o objętości aż 73 stron. Opisano w nim zarówno stosowane techniki badawcze, z których jedną z najbardziej wyeksponowanych jest metoda analizy termicznej derywacyjnej skrócie ATD. Obok niej wykorzystano konwencjonalną metalografię, rentgenowską analizę strukturalną (XRD), skaningową mikroskopię elektronową umożliwiającą



zarówno obserwacje mikroskopowe jak i analizę składu w mikroobszarach za pomocą przystawki EDS. Muszę przyznać, że techniki doświadczalne zostały dobrane właściwie z punktu widzenia informacji niezbędnych do osiągnięcia celu pracy. Należy wspomnieć również o badaniach właściwości mechanicznych oraz odporności na ścieranie, które są niezbędne dla oceny materiałów z punktu widzenia możliwości ich zastosowania na części maszyn. Badania te zostały wykonane na maszynie wytrzymałościowej oraz urządzeniu do badania ścieralności.

Jak wspomniałem, w pracy najwięcej miejsca poświęcono badaniom krzepnięcia oraz krystalizacji stopów magnezu za pomocą metody ATD. Metoda ATD jest swego rodzaju modyfikacją, a może lepiej rozwinięciem metody analizy termicznej AT czy różnicowej analizy termicznej DTA. Badania tą metodą zainicjował w początkach lat 80-tych ubiegłego wieku zespół profesora Stanisław Jury z dawnego Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej. Jak pamiętam, metoda ta była kultywowana i rozwijana przez zespoły nieżyjących już dziś profesorów: Stanisława Pietrowskiego z Politechniki Łódzkiej oraz profesora Przemysława Wasilewskiego z jej filii w Bielsku Białej. W tej ostatniej została zaproponowana zmodyfikowana metoda AED i metoda zespolona ATD-AED. Korzystając z metody ATD dr inż. Cezary Rapiejko przeprowadził badania procesu krzepnięcia i krystalizacji standardowych AM60 i AZ90 oraz stopów z dodatkiem 0,1%Cr, 0,1%V i 0,1%Cr + 0,1%V, wyznaczając wartości temperatury i czasu przemian dokonujących się w stopach standardowych i z mikrododatkami. Wyniki badań przedstawił w postaci wykresów ATD oraz tabel zawierających wartości charakterystyczne poszczególnych punktów na wykresach, tj. czas, temperaturę, wartości pierwszej i drugiej pochodnej:  $dt/d\tau$  oraz  $d^2t/d\tau$ . W ostatniej kolumnie tabel zamieścił informację o dokonujących się przemianach, które zaproponował na podstawie wyników rentgenowskiej analizy strukturalnej (XRD) oraz badań w SEM z wykorzystaniem przystawki do badania składu chemicznego w mikroobszarach (EDS). Muszę przyznać, że jakość wykresów ATD i zdjęć mikrostruktury są bez zarzutu, jakkolwiek miałbym pewne wątpliwości, co do propozycji zapisu stechiometrycznego faz powstających podczas niektórych przemian. Zdaję sobie jednak sprawę, że Habilitant nie musi być specjalistą we wszystkich stosowanych przez siebie technikach i na karb tego złożyłbym pewne niedociągnięcia w tym względzie. Za interesujące uważam zaproponowane modele krystalizacji zamieszczone na rys. 57 i 58, choć ze względu na uwagi zgłoszone wyżej, nie do końca się z nimi zgadzam. Jakkolwiek, badania strukturalne są interesujące z poznawczego punktu widzenia to jednak celem pracy było również stwierdzenie czy i na ile dodatek: Cr, V czy Cr+V wpływa na właściwości mechaniczne oraz odporność na zużycie ścierne i/lub adhezyjne. Z wyników badań właściwości mechanicznych zamieszczonych w tabelach 26 i 27 wynika, iż dodatki te generalnie korzystnie wpływają na właściwości wytrzymałościowe:  $R_m$  i HB, niekiedy również na wydłużenie  $A_5$ . Wnioski sformułowane przez Habilitanta są jednak niekiedy, delikatnie mówiąc, zbyt przesadzone, ponieważ różnica w twardości o jedną jednostkę w



skali Brinella (tabela 26) trudno uznać za różnicę, a w 3 wierszu od dołu na str.103, Autor pisze o wzroście twardości o 4%. Gdyby chodziło o skalę HRC to można się upierać, natomiast w skali HB taka różnica jest na poziomie błędu pomiaru. Bardzo interesujące są wyniki badań zużycia zamieszczone na wykresach (rys. 63-65), choć w wypadku badań zużycia adhezyjnego można mieć uwagi, co do metodyki badań. Zważywszy jednak na charakter porównawczy badań, które były prowadzone w identycznych warunkach wyniki należy uznać za poprawne. Doceniam wysiłki Autora, w kierunku optymalizacji składu chemicznego, których wyniki zamieści w tabelach 28 i 29. Zważywszy jednak na wartości współczynników korelacji chyba nie do końca Mu się to udało.

W punkcie 8 monografii Autor przedstawił wyniki badań intensywności chłodzenia na charakterystyki ATD, mikrostrukturę oraz właściwości stopów magnezu z mikrododatkami chromu i wanadu. W szczególności opisał metodykę badań oraz sposób wyznaczenia czasu, po którym odlewy mogły być szybko chłodzone. Czas ten wyznaczył za pomocą badań symulacyjnych z wykorzystaniem oprogramowania MAGMA. Wyniki symulacji przedstawił w postaci rysunków ilustrujących rozkład temperatury w odlewie oraz wykresów. Ten fragment opracowania jest przedstawiony niemal pedantycznie i doskonale od strony graficznej. Śmieszą nieco wartości podane w tekście, np. na str. 118 9 wiersz od dołu Autor pisze, cyt. "W tych obszarach ciekły stop ma temperaturę 660,8-653,6°C. Z przedstawionej na rysunku 73 symulacji wynika, że w objętości odlewu walcowego po upływie 20,474 s od momentu..." Zdaję sobie sprawę, że są to wartości podane, jako wynik symulacji komputerowej, ale... Powszechnie wiadomo, że w każdym modelu przyjmuje się pewne założenia upraszczające powodujące, iż wynik symulacji jest nieco lepszym lub gorszym przybliżeniem rzeczywistości. Stąd też zarówno wartość temperatury podana z dokładnością dziesiątych °C, a tym bardziej czas z dokładności do trzeciego miejsca po przecinku jest nieporozumieniem. Wyniki analizy metodą ATD ujawniły wyraźnie różnice pomiędzy przebiegiem krzepnięcia stopów standardowych oraz szybko chłodzonych, co doskonale ilustrują wykresy zamieszczone na rys. 76 i 81 oraz wartości zamieszczone w tabelach 31-33. Odzwierciedleniem wpływu szybkości chłodzenia są zmiany mikrostruktury pokazane na zdjęciach metalograficznych. Pokazują one silne rozdrobnienie struktury, co było zresztą do przewidzenia. Zastosowanie szybkiego chłodzenia doprowadziło do zwiększenia wytrzymałości na rozciąganie, które jest jednak wyraźnie większe w stopie AM60 (rys 78) niż AZ91(rys. 83). Wpływ szybkości chłodzenia jest najsilniejszy w stopie komercyjnym AM60 i zdecydowanie mniejszy w pozostałych. Dla przykładu, przyrost wartości  $R_m$  stopu AM60 z dodatkiem chromu i wanadu szybko studzonego wynosi tylko 5MPa, w porównaniu do studzonego w temperaturze otoczenia. Przyrost ten to tylko około 3,5% i trudno uznać za znaczący. Z drugiej strony, właściwości wytrzymałościowe stopów Mg nie są imponujące, a więc nawet niewielkie ich zwiększenie można uznać za sukces. Wzrost twardości Brinella, wywołany szybkim studzeniem nie jest już tak wyraźny. Z kolei wpływ



intensywności studzenia na wydłużenie stopu jest dość złożony. Być może przeoczyłem, ale nie znalazłem w monografii informacji na temat średnią ilu pomiarów są wartości odnoszące się do właściwości mechanicznych zamieszczonych na wykresach? Tym niemniej uważam, że eksperyment dotyczący badania wpływu szybkości studzenia na kinetykę procesu krzepnięcia i krystalizacji, a tym samym na strukturę i właściwości mechaniczne jest bardzo cenny, stanowiąc przysłowiową kropkę nad "i" w obszarze badań zmierzających do zwiększenia właściwości mechanicznych skądinąd bardzo atrakcyjnych stopów magnezu.

Monografię kończy krótkie podsumowanie, w którym Autor przytacza najistotniejsze efekty pracy i z którymi w pełni zgadzam się, może z wyjątkiem punktu 4. W tym wypadku proponowałbym, aby nie eksponować znacznie wyższych właściwości mechanicznych, ponieważ, o ile szybkie studzenie doprowadziło do zwiększenia wartości  $R_m$  i  $A_5$  s komercyjnym stopie AM60, to w stopach z dodatkiem chromu i/lub wanadu wpływ ten jest znikomy. Wpływ intensywności studzenia na właściwości stopu AZ91 jest jeszcze mniej imponujący.

Ostatnim punktem monografii jest rozdział zatytułowany wnioski, które faktycznie są nie tyle wnioskami ile skondensowanym przedstawieniem wyników, uzyskanych w trakcie badań. Trudno mieć o to pretensje skoro w znakomitej większości tego typu opracowań, w tym również publikacji, autorzy czynią dokładnie tak samo.

Monografia jest napisana poprawnie ładna polszczyzną. W przeciwieństwie do innych autorów, Dr inż. Cezary Rapiejko tylko raz posłużył się słowem "implementacja" i "walidacja", które mają swoje odpowiedniki w języku polskim. Jest to godne podkreślenia, ponieważ chyba "modnie" jest dziś, albo brzmi bardziej naukowo, gdy w pracach stosuje się obcobrzmiające słownictwo.

Jak w każdej pracy, również i w tej można znaleźć mniejsze lub większe niedociągnięcia, z których kilka wspomniałem wcześniej. Pominę drobne usterki, typu "literówki" czy nieprecyzyjny opis pod rysunkiem itp., Chciałbym natomiast zwrócić uwagę na systematyczne stosowanie zwrotu "przy pomocy" zamiast "za pomocą" oraz "pozwala" zamiast "umożliwia". Otóż, coś można zrobić przy pomocy lub za pomocą. Zdaję sobie sprawę, że język polski zmienia się, ale zwrot "przy pomocy" stosuje wówczas się, gdy korzystamy z pomocy **kogoś**, np. pana Kowalskiego. Jeśli zaś wykonujemy jakąś czynność, np. pomiar, stosując **przrząd**: mikroskop lub suwmiarkę itp., wówczas stosujemy zwrot "za pomocą" (W. Doroszewski: Słownik poprawnej polszczyzny, PWN, Warszawa 1980, str. 542). Podobnie jest w wypadku terminu - pozwalać. Są to oczywiście drobiazgi i w niczym nie umniejszają wartości merytorycznej pracy. Przechodząc do strony merytorycznej, mam uwagę dotyczącą analizy wpływu składu chemicznego na rodzaj faz powstających w badanych stopach (pkt. 7.7.4. monografii). Autor dość obszernie omawia możliwość tworzenia roztworu stałego ciągłego, przytaczając kryteria Hume-Rothery'ego (str. 89) i



podając właściwości pierwiastków podstawowych oraz pomocniczych (tabela 25). Nie ukrywam, że zupełnie nie czuję intencji tych rozważań. Po pierwsze warunkiem koniecznym (nadrzędnym) utworzenia roztworu stałego ciągłego jest **identyczność** sieci. Jeśli ten warunek nie jest spełniony nie ma potrzeby rozważać pozostałych, np. różnicy wielkości promieni atomowych. Wśród pierwiastków zamieszczonych w tabeli 25, tylko cynk ma sieć heksagonalną i dlatego poza nim, żaden z pierwiastków nie ma szans utworzenia roztworu stałego ciągłego inaczej nieograniczonego. Układ równowagi fazowej Mg-Zn jest znany i wiadomo, że Zn rozpuszcza się w Mg tylko w ilości 8,4% wag (2,4% at.). To, że jakiś pierwiastek nie tworzy z Mg roztworu stałego ciągłego (nieograniczonego) nie oznacza, że nie może tworzyć roztworu stałego ograniczonego. Nawiasem mówiąc szkoda, że Autor nie zamieścił w pracy wykresów równowagi fazowej dla stopów podwójnych: Mg-Cr i Mg-V, z których wynika, że ani chrom, ani wanad nie rozpuszczają się w magnezie i praktycznie nie tworzą roztworów stałych, nawet ograniczonych.

Reasumując stwierdzam, że monografia i cykl 5 publikacji monotematycznych wchodzących w skład głównego osiągnięcia naukowego, przedłożonego w związku z ubieganiem się o nadanie Dr inż. Cezaremu Rapiejko stopnia naukowego doktora habilitowanego, są oryginalnym osiągnięciem Autora. Dotyczy ono grupy odlewniczych stopów magnezu, wyjątkowo atrakcyjnych ze względu na małą gęstość. Nie ulega wątpliwości, że w dobie dążenia do minimalizacji masy konstrukcji, oszczędności energii i zmniejszenia skażenia środowiska, zainteresowanie tymi stopami oraz ich zastosowaniem będzie wzrastać. Z tego też względu prace Dr inż. Cezarego Rapiejki są bardzo aktualne i wnoszą wkład w dziedzinę dotyczącą odlewniczych stopów magnezu.

Za główne osiągnięcia Habilitanta uznaję:

1. Opracowanie składu chemicznego inhibitorów oraz innowacyjnej metody ich nanoszenia na powierzchnię wewnętrzną formy ceramicznej, zapewniających znaczące polepszenie jakości odlewu precyzyjnego ze stopów magnezu.
2. Opracowanie metody wytwarzania samonośnych form ceramicznych umożliwiających zalewanie w temperaturze 60-180°C.
3. Zaproponowanie modyfikacji składu chemicznego standardowych stopów AM60 i AZ91 przez dodanie niewielkiej ilości: Cr, V lub Cr + V, które, prowadząc do zmiany kinetyki procesu krzepnięcia, umożliwiają poprawę właściwości mechanicznych oraz trybologicznych.
4. Zaproponowanie modelu krzepnięcia i krystalizacji nowo opracowanych stopów magnezu.
5. Opracowanie wytycznych technologicznych metody intensywnego studzenia form ceramicznych, umożliwiających poprawę właściwości użytkowych wykonywanych w nich odlewów



Niekwestionowanym osiągnięciem Dr inż. Cezarego Rapiejko, jest wdrożenie wyników badań w SP Armatura, a także bardzo pochlebna opinia o odlewach, wyrażona w piśmie przez MESKO-AGD. Powyższe jest najlepszą oceną dokonać Habilitanta i swego rodzaju recenzją Jego działalności naukowej w uprawianej przezeń dyscyplinie.

### **3. Ocena pozostałego dorobku Kandydata**

#### **3.1. Ocena dorobku naukowego**

Łączny dorobek naukowy i naukowo-techniczny Dr inż. Cezarego Rapiejko (bez monografii oraz 5 prac wchodzących w skład monotematycznego cyklu publikacji) obejmuje 5 publikacji współautorskich w czasopismach znajdujących się w bazie JCR, w których Habilitant 4-krotnie jest pierwszym autorem. Prace ukazały się w uznanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, takich jak: Thin Solid Films, Wear, Archives Metallurgy nad Materials (2) oraz Archives of Foundry Engineering. Habilitant jest ponadto współautorem 15 innych pozycji, w których w 9-ciu jest pierwszym autorem. Są wśród nich: 4 publikacje w czasopiśmie Inżynieria Materiałowa, 2 w Mechanics and Mechanical Engineering, 1 w Polish Journal of Applied Chemistry, 1 w Archives of Foundry Engineering oraz w zeszytach naukowych wyższych uczelni. Dorobek publikacyjny Habilitanta jest całkiem dobry i zaowocował dość wysokimi wartościami bibliometrycznymi, które, zgodnie Web of Science, wynoszą odpowiednio: liczba publikacji w bazie - 8, indeks Hirsha - 3 liczba cytowań - 22 zaś sumaryczny Impact Factor IF = 6,994.

Dorobek publikacyjny wzbogaca 16 wystąpieniami na konferencjach zarówno krajowych jak i zagranicznych. Należy podkreślić, że Habilitant wygłosił 3 referaty na międzynarodowej konferencji w USA, 1 w Japonii oraz 7 na międzynarodowych konferencjach krajowych.

Dorobek publikacyjny Dr inż. Cezarego Rapiejko wzbogaca wyjątkowa aktywność w obszarze realizacji grantów. Wystarczy wymienić, iż uczestniczył łącznie w 12 projektach finansowanych przez: KBN (1) NCBiR (5), MNiSzW (3), NCN (1), FSNT - NOT (1), w których raz pełnił funkcje kierownika, a w pozostałych wykonawcy bądź głównego wykonawcy. Był wreszcie kierownikiem projektu finansowanego przez UE w realizowanego w ramach EIF Marie Curie Intra European Fellowships. W latach 2012-2015, Dr inż. Rapiejko uczestniczył, jako główny wykonawca, w projekcie realizowanym przez konsorcjum naukowe 5 jednostek, finansowanym przez NCBiR. Powyższe uzupełnia 8 prac statutowych, których był kierownikiem. Muszę przyznać, że dorobek Habilitanta w tym obszarze jest wręcz imponujący. Należy wspomnieć, że Habilitant jest współautorem 2 patentów w tym jednego o zasięgu międzynarodowym.

Swoją wiedzę i kwalifikacje naukowe Kandydat wzbogacił dzięki 5 krotnym wyjazdom w ramach staży naukowym, o których pisałem wcześniej, działalności w zespołach eksperckich, w których 6-krotnie był kierownikiem oraz 14 kursach szkoleniowych. Pozycja, jaką osiągnął dzięki



dotychczasowej działalności naukowej sprawiły, że powierzono mu zaopiniowanie 18 projektów. Należy wreszcie dodać, iż w 2012 r. był recenzentem publikacji w czasopiśmie z listy JCR.

Reasumując stwierdzam, że całkowity dorobek naukowy Habilitanta jest, co najmniej dobry, a ich potwierdzeniem są dość wysokie wartości wielkości bibliometrycznych. Choć mam zdroworozsądkowy stosunek do tych wielkości to jednak uważam, iż są one pewną miarą wartości publikacji i ich upowszechnienia. Nie ukrywam, że na wysoką ocenę działalności naukowej Habilitanta wpływa również wybitna aktywność w obszarze realizacji grantów.

### **3.2. Ocena dorobku dydaktycznego**

Dr inż. Cezary Rapiejko jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym o bardzo obszernej palecie zajęć dydaktycznych obejmującej aż 24 pozycje, wśród których znajduje się 8 wykładów oraz 23 różnorodne ćwiczenia audytoryjne oraz laboratoria. Muszę przyznać, że dopiero drugi raz spotkałem się z tak imponującym wykazem zajęć dydaktycznych tym bardziej, że na liście widnieją przedmioty o bardzo szerokim spektrum, poczynając od informatyki, automatyki, grafiki komputerowej przez naukę o materiałach, techniki wytwarzania i technologie specjalne na podstawach ekonomiczno-prawnych funkcjonowania firmy kończąc. Zajęcia dydaktyczne prowadzi (prowadził) na kierunkach: Mechanika i Budowa Maszyn, Inżynieria Materiałowa, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Mechatronika, Transport, Organizacja i Zarządzanie na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych I-go i II-go stopnia Politechniki Łódzkiej, a także dla studentów Uniwersytetu Medycznego w Łodzi na kierunkach: Organizacja i Zarządzanie oraz Techniki Dentystyczne. Habilitant wypromował 8 inżynierów oraz 6 magistrów, a także pełnił rolę opiekuna pomocniczego w przewodzie doktorskim. Podczas pobytu we Francji był opiekunem pomocniczym doktoratu dotyczącego ilościowej analizy trwałości kontaktów elektrycznych poddawanych zużyciu wskutek korozji ciernej - frettingu.

Habilitant jest obecnie kierownikiem dwóch przedmiotów, a od 2102 roku członkiem Komisji Dydaktycznej ds. kierunku Inżynieria Produkcji. Jego osiągnięcia w dziedzinie działalności naukowo-dydaktycznej zostały uhonorowane 11 nagrodami J.M. Rektora Politechnik Łódzkiej.

Podsumowując osiągnięcia dydaktyczne Dr inż. Cezarego Rapiejko stwierdzam, iż są one ponadprzeciętne, zwłaszcza uwzględniając ogromne spektrum prowadzonych przez Niego zajęć. Pewien niedosyt budzi brak skryptu lub innych pomocy, których były autorem lub współautorem. Sądzę jednak, że to kwestia braku czasu, wynikająca z wyjątkowej aktywności w realizacji grantów.

### **3.3. Ocena dorobku organizacyjnego**

Dr inż. Cezary Rapiejko jest aktywnym członkiem społeczności akademickiej. Pomijając działalność organizacyjną, jako członka Komisji Dydaktycznej ds. kierunku Inżynieria Produkcji, trzeba wymienić Jego wieloletnie zaangażowanie w organizację Międzynarodowej Konferencji, pt.:



"Optymalizacja Systemów Produkcyjnych w Odlewniach". Jest to jedna z trzech cyklicznych Międzynarodowych Konferencji Odlewniczych, organizowanych rokrocznie od wielu lat. Habilitant jest też członkiem Stowarzyszenia Inżynierów i Mechaników Polskich oraz członkiem Naczelnej Organizacji Technicznej. Do osiągnięć organizacyjnych należy zaliczyć także organizację warsztatów odlewniczych w ramach Konferencji zatytułowanej "Odnawialna przestrzeń projektowania" EcoMade Festival, Łódź, 2017. W sumie oceniam działalność organizacyjną Habilitanta, jako dobrą.

#### **4. Wniosek końcowy**

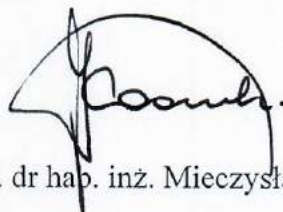
Dr inż. Cezary Rapiejko przedstawił monografię habilitacyjną oraz cykl 5 współautorskich, oryginalnych publikacji dotyczących odlewania stopów lekkich w formach ceramicznych. Monografia, jak też publikacje, z wyjątkiem jednej, wchodzące w skład głównego osiągnięcia naukowego dotyczą nowo opracowanych stopów magnezu AM60 i AZ91 zawierających po: 0,1%Cr i/lub 0,1%V oraz 0,1%Cr+0,1%V, odlewanych w specjalnie przygotowanych formach ceramicznych o powierzchni wewnętrznej pokrytej inhibitorem, zapewniającej wysoką jakość powierzchni odlewów. Tematyka prac jest nie tylko interesująca naukowego punktu widzenia, ale również ze względu na problematykę ochrony środowiska. Uzyskane w pracy wyniki wnoszą znaczący wkład do dyscypliny Budowa i Eksploatacja Maszyn, jak również w dziedzinę nauki o materiałach, zwłaszcza stopów lekkich stosowanych w odlewnictwie. Łączna liczba pozycji naukowych, poza wymienionymi w osiągnięciu, obejmuje 5 publikacji a czasopismach umieszczonych na liście JCR, 15 opracowań w innych czasopismach oraz 16 referatów na konferencjach w większości międzynarodowych. Dorobek naukowy Habilitanta jest znaczący, czego potwierdzeniem są wartości danych bibliograficznych. Według Web of Science Habilitant legitymuje się 8 pozycjami w bazie, które były cytowane 22-krotnie, współczynnikiem Hirsha = 3 oraz sumarycznym Impact Factorem = 6,994.

Dr inż. Cezary Rapiejko może poszczycić się wybitnym dorobkiem w obszarze działalności badawczo rozwojowej wyrażony uczestnictwem w 12 grantach, finansowanych przez KBN, NCN, NCBiR oraz MNiSzW. Jest ponadto współautorem licznych ekspertyz oraz 2 patentów, w tym jednego o zasięgu międzynarodowym. Biorąc powyższe pod uwagę, wysoko oceniam osiągnięcia naukowe Kandydata do stopnia naukowego doktora habilitowanego. Działalność dydaktyczna Dr inż. Cezarego Rapiejko jest bardzo bogata i obejmuje rozległą paletę wykładów, ćwiczeń oraz laboratoriów, prowadzonych na różnych kierunkach studiów I-go i II-go stopnia na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych, zarówno dla studentów jednostki macierzystej jak i Uniwersytetu Medycznego w Łodzi.



Działalność organizacyjna Dr inż. Cezarego Rapiejko "sensu stricte" to wieloletnie uczestnictwo w Komitecie organizacyjnym konferencji pod tytułem: "Optymalizacja Systemów Produkcyjnych w Odlewniach". Z drugiej strony należałoby tu uwzględnić kilkukrotne pełnienie przez Niego roli kierownika projektu, który pełni rolę organizatora badań.

W świetle powyższych informacji stwierdzam, że Dr inż. Cezary Rapiejko spełnia całkowicie wymagania określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach w zakresie sztuki (Dz.U. z 2003r nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami), wymienione w Art. 16 oraz kryteria oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego wymienione w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego Dz.U. nr196 poz.1165). Tym samym, popieram wniosek Dr inż. Cezarego Rapiejko o nadanie Mu przez Radę Naukową Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn.



Prof. dr hab. inż. Mieczysław Kaczorowski